

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-047920

(43)Date of publication of application : 20.02.1998

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01C 3/06

G06T 7/00

H04N 7/18

(21)Application number : 08-208225

(71)Applicant : KOMATSU LTD
OOJISU SOKEN:KK
SATO KOSUKE

(22)Date of filing : 07.08.1996

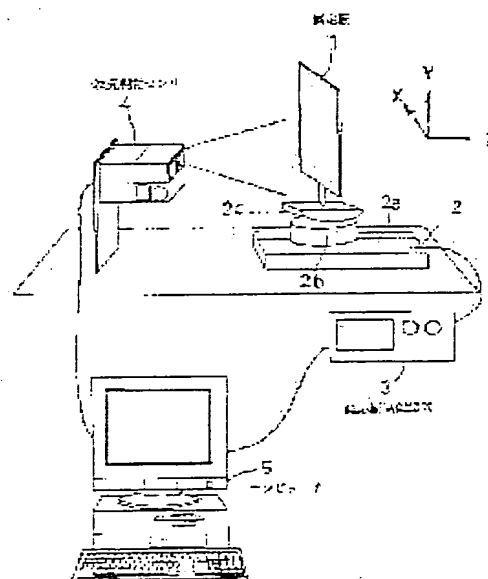
(72)Inventor : HIROSE SHOZO
YASUKAWA MOTOHIDE
SATO KOSUKE
KATAOKA TAKAYUKI

(54) CALIBRATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a calibration method wherein higher precision can be attained by removing errors to be caused by binarizing process.

SOLUTION: A distance image at each moving point when a measurement plate 1, as a calibration object, is moved by yaw rotation, pitch rotation and back and forth movement against a 3-dimension visual sensor 4, is obtained with the 3-dimension visual sensor 4, and the obtained distance image is processed for the providing 3-dimension coordinate value of each pixel for each distance image, so that a calibration value is obtained from the obtained 3-dimension coordinate value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3453734

[Date of registration] 25.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998.2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-47920

(43)公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	11/00		G 0 1 B 11/00	H
G 0 1 C	3/06		G 0 1 C 3/06	Z
G 0 6 T	7/00		H 0 4 N 7/18	Z
H 0 4 N	7/18		G 0 6 F 15/62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平8-208225
(22)出願日 平成8年(1996)8月7日

(71)出願人 000001236
株式会社小松製作所
東京都港区赤坂二丁目3番6号
(71)出願人 000103482
株式会社オービス総研
大阪市西区千代崎三丁目南2番37号
(71)出願人 597077241
佐藤 宏介
奈良県生駒市高山町8916-5 大学宿舍A
503
(74)代理人 弁理士 井上 勉

最終頁に続く

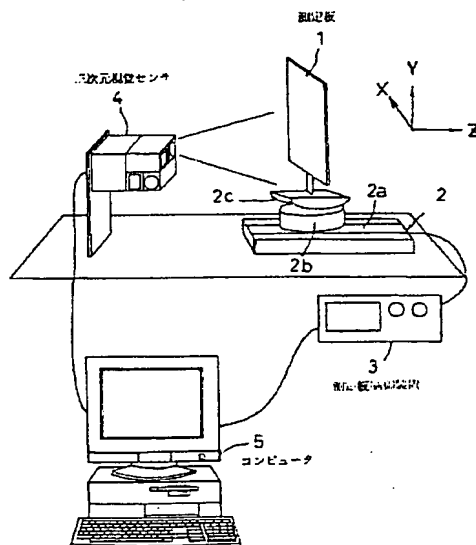
(54)【発明の名称】 キャリブレーション方法

(57)【要約】

【課題】 二値化処理による誤差を除去して高精度化を図ることのできるキャリブレーション方法を提供する。

【解決手段】 較正用対象物としての測定板1を三次元視覚センサ4に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像をその三次元視覚センサ4にて取得し、この取得された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正值を得る構成とする。

本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投光手段により被測定物の表面に光を照射してその反射光を撮像手段により撮像し、この撮像される反射光の情報から三角測量の原理に基づき前記被測定物の位置を計測する三次元計測装置におけるキャリブレーション方法であって、

較正用対象物を前記撮像手段に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像を前記撮像手段にて撮像し、この撮像された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正値を得ることを特徴とするキャリブレーション方法。

【請求項 2】 前記撮像手段により撮像された距離画像を処理するに際し、一つの画像について特定の画素の周囲のメディアン値をその画素の距離画像として設定するとともに、こうして得られる距離画像を各位置で複数回設定しそれら複数回のメディアン値をその画素の距離画像の補正值として設定する請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラ等の撮像手段により被測定物の三次元位置を計測するのに必要とされる三次元計測装置におけるキャリブレーション方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の三次元計測装置におけるキャリブレーション方法として、図 19 に示される方法が知られている（例えば特開平 5-248819 号公報参照）。この方法は、較正用対象物として座標を示す方眼線 51（もしくは多数の点）が刻まれた測定板 52 を用い、この測定板 52 を制御装置 53 によって前後に移動させながら三次元視覚センサ 54 によって方眼線 51 を認識してコンピュータ 55 で処理することによって較正データを得るものである。この場合、方眼線 51 を認識するに際し、二値化処理と称する画像処理手法が用いられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述されている従来のキャリブレーション方法では、方眼線 51 を画像処理により抽出する際に、この方眼線 51 が光の環境によってかすれて綺麗に抽出できなかつたり、あるいは方眼線 51 の中心が抽出できずに偏った線を抽出してしまい、この結果得られた座標値が正確な位置からずれてしまつて精度の良いキャリブレーションが行えないという問題点があった。

【0004】本発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、二値化処理による誤差を除去して高精度化を図ることのできるキャリブレーション方法を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段および作用・効果】前述の目的を達成するために、本発明によるキャリブレーション方法は、投光手段により被測定物の表面に光を照射してその反射光を撮像手段により撮像し、この撮像される反射光の情報から三角測量の原理に基づき前記被測定物の位置を計測する三次元計測装置におけるキャリブレーション方法であって、較正用対象物を前記撮像手段に対してヨー回転、ピッチ回転および前後移動させたときの各移動点での距離画像を前記撮像手段にて撮像し、この撮像された距離画像を処理して各画素の前記距離画像毎の三次元座標値を求め、この求められる三次元座標値より較正値を得ることを特徴とするものである。

【0006】本発明のキャリブレーション方法においては、例えば測定板のような較正用対象物をカメラ等の撮像手段に対して一定量ずつヨー回転、ピッチ回転もしくは前後移動させながら、各移動点での距離画像が撮像手段にて取得される。そして、この取得された距離画像が処理されることによって各画素のその距離画像毎の三次元座標値が求められ、この求められる三次元座標値より較正値が得られる。

【0007】本発明によれば、較正用対象物の回転および前後移動によって各画素の明暗情報と置き換えられた 256 段階の距離情報と三次元座標値との対応表（ルックアップテーブル）が作成されるので、従来の方眼線を画像処理により抽出するものにおけるような二値化処理による誤差の発生を排除することができ、高精度のキャリブレーションを実現することができる。

【0008】本発明においては、前記撮像手段により撮像された距離画像を処理するに際し、一つの画像について特定の画素の周囲のメディアン値をその画素の距離画像として設定するとともに、こうして得られる距離画像を各位置で複数回設定しそれら複数回のメディアン値をその画素の距離画像の補正值として設定するのが好ましい。こうすることで、較正用対象物の表面の乱反射等によって取得画像の画素値が歪んだ場合でも、ノイズを除去して取得画像のスモーキング処理を行うことができ、より高精度なキャリブレーションを行うことが可能となる。

【0009】

【発明の実施の形態】次に、本発明によるキャリブレーション方法の具体的実施例につき、図面を参照しつつ説明する。

【0010】図 1 に、本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図が示されている。本実施例の三次元計測装置は、無地の平板により構成される較正用対象物としての測定板 1 と、この測定板 1 を所望位置に移動させる測定板移動装置 2 と、この測定板移動装置 2 を制御する測定板制御装置 3 と、前記測定板 1 に対位して設けられる三次元視覚センサ 4 と、前記測定板制御装置

3を制御するとともに前記測定板1の移動位置に応じて前記三次元視覚センサ4により取得された距離画像を保存・処理するコンピュータ5とを備えている。

【0011】前記測定板移動装置2は、直動スライダ2aと、この直動スライダ2a上に回転テーブル2bを介して設けられるゴニオ回転装置2cとを備え、これによって測定板1が三次元視覚センサ4に対してヨー回転（上下回転軸回りの回転）、ピッチ回転（水平回転軸回りの回転）および前後移動可能に構成されている。また、前記三次元視覚センサ4は、測定板1の表面にレーザ光（コード化パターン光）を照射するレーザ照射部と、この測定板1の表面からの反射光を撮像する撮像手段としてのCCDカメラとを備え、このCCDカメラにより取得された画像がコンピュータ5に送られるようになっている。こうして、コンピュータ5からの制御信号に基づいて測定板1を一定量ずつ移動させながら各移動点での距離画像が三次元視覚センサ4にて取得される。

【0012】この三次元視覚センサ4は、当該三次元視覚センサ4と測定板1との遠近距離を、近いところは明るく、遠いところは暗く表示するというように明暗情報に置き換えて出力する。そして、この明暗を示す値が実際にはどのような三次元座標に対応するかがキャリブレーションを実施することによって教示される。

【0013】次に、本実施例におけるキャリブレーション方法を図15乃至図18を参照しつつ、図2乃至図4に示されるフローチャートにしたがって説明する。

【0014】まず、X方向の位置データを格納するX方向のルックアップテーブルを作成するためのフローを図2乃至図6によって説明する。

【0015】S1：三次元視覚センサ4に対して測定板1の移動軸の全軸、言い換えれば上下回転軸（Y軸）、水平回転軸（X軸）および前後移動軸（Z軸）の各軸を測定基準としての原点に移動させる。

S2：X方向の距離画像データを取得するために、図15（a）に示されるように、三次元視覚センサ4に対して測定板1を上下回転軸まわりに $+30^\circ$ すなわち鉛直に $+30^\circ$ の角度をつけて設置する。

【0016】S3～S5：三次元視覚センサ4のCCDカメラにより測定板1の距離画像データを取得し、この取得画像を、測定板1の表面の反射等によるノイズを除去するためにメディアンフィルタ（平滑化フィルタ）により補正する。なお、このメディアンフィルタは、計測すべき画素の濃度値をその画素の近傍領域（例えば 3×3 ）のメディアン値（中央値）によって置き換えるものである。そして、この処理は各位置での画像を3回取得するまで繰り返される。

【0017】S6～S7：各位置で3回の距離画像が取得されると、同一画素の値を比較してそのメディアン値（中央値）を求め、このメディアン値を最終的な距離画像として設定する。この後、この得られた距離画像をコ

ンピュータ5内の記憶装置における距離画像ファイルに書き込む。

【0018】S8～S9：測定板1の前後位置を一定ピッチ（例えば0.1mm）だけ後方にずらせて前述と同様にして距離画像データを取得し、このデータの取得を全距離画像ファイル分（1500回）繰り返してX軸の正回転時の距離画像ファイルxp0.ckd～xp1499.ckdに書き込む。こうして、例えば75mm～125mmの測定範囲におけるX軸の正回転時の全ての距離画像データを取得する。

【0019】S10～S11：次に、図15（b）に示されるように、三次元視覚センサ4に対して測定板1を鉛直に -30° の角度をつけて設置するとともに、この測定板1を前後方向に原点位置まで戻す。

【0020】S12～S18：前述のS3～S9と同様の処理を行って、例えば75mm～125mmの測定範囲におけるX軸の負回転時の全ての距離画像データを取得し、この取得データをX軸の負回転時の距離画像ファイルxn0.kmt～xn1499.kmtに書き込む。

【0021】S19：X方向のルックアップテーブルを作成するために、まず初期設定を行う。この初期設定においては、ルックアップテーブルのX座標を示すlut-x（X軸の正回転時）およびlut-w（X軸の負回転時）に不定値を設定する。

S20～S22：前述のようにして作成されたX軸の正回転時の距離画像ファイルxp0.kmtからxp1499.kmtを読み込む。

【0022】S23～S26：測定板1の設置の仕方によっては得られる距離画像データに切れ目が存在してそのデータがノイズとなるために、このノイズを排除するための処理を行う。すなわち、まず距離画像 $i \times j$

（ i ：256画素、 j ：242画素）の各画素毎に一つ前の画像データと比較し、例えば画像データxp10.kmtの n 行 m 列の画素の値とその一つ前の位置の画像データxp.kmtの同じく n 行 m 列の画素の値とを比較し、その画素が先頭から50mm以内にあり、かつ前後の画素の値の差が128以上である場合、このデータを無効にするためにその画素の位置のlut-x[m][n][0]～lut-x[m][n][255]の値を不定値にする。

S27～S28：画素値のlut-xの値が不定値であるとき、その画素のlut-xに読み込んだファイルを撮り込んだ時の移動距離を設定する。ここでは、ファイルのxp α .kmtの α の部分がファイルの順を表し、このファイル番号の α に0.1を掛けると移動量になる（ $\alpha \times 0.1$ mm）。これにより、各画素の最初に現れたコード値の位置がlut-xに記憶される。

【0023】S29： i ：256画素、 j ：242画素の全ての画素についてS23～S28の処理を行う。

S30:全ての距離画像ファイルx p 0. kmt ~ x p 1499. kmtについて処理がなされたか否かを確認する。

【0024】S31~S41: X軸の負回転時の距離画像ファイルx n 0. kmt ~ x n 1499. kmtについて、前述のX軸の正回転時の距離画像ファイルx p 0. kmt ~ x p 1499. kmtにおける処理(S20~S28)と同様の処理を行って、各画素のl u t - wに読み込んだ画素位置を設定する。

【0025】S42~S49:各画素の画素のもつ値(Z:0~255)について、X軸正回転時における初期位置からのZ軸方向の相対距離を $i p = l u t - x [i] [j] [z]$ およびX軸負回転時における初期位置からのZ軸方向の相対距離 $i n = l u t - w [j] [i] [z]$ として、指定画素値が最初に見つかった位置をそれら $i p$ および $i n$ に設定する。そして、これら $i p$ および $i n$ が不定値でないときに、次式によってその位置の画素値に対するX座標を算出する。

$$X = (i p - i n) / (2 \times \tan \theta) \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

θ :測定板1の傾斜角度

図16に示されているように、この①式において、($i p - i n$)はX軸正回転時における画像位置とX軸負回転時における画像位置との差を表す。したがって、測定板1の正回転時と負回転時の同じ画素値を表す点AのX座標は①式で表される。なお、この点AのX座標は、メモリの節約のために前述のメモリ $i u t - x [i] [j] [z]$ 内に格納される。一方、 $i p$ もしくは $i n$ が不定値のときには、メモリ $i u t - x [j] [i] [z]$ に不定値を設定する。

【0026】S50:前述のS42~S49の処理を i :256画素、 j :242画素の全ての画素について行い、X方向のルックアップテーブルを完成させてフローを終了する。

【0027】次に、Y方向の位置データを格納するY方向のルックアップテーブルは図7乃至図11に示されるT1~T44の各ステップにしたがって作成される。

【0028】このY方向のルックアップテーブル作成のためのフローは、図17(a)(b)に示されるように、測定板1を水平に $\pm 20^\circ$ の角度をつけて設置する(ステップT2, T10参照)ことによりY方向の距離画像データを取得してその距離画像データを距離画像ファイルy p 0. kmt ~ y p 1499. kmtおよびy n 0. kmt ~ y n 1499. kmtに書き込む以外は、図2乃至図6に示されるS1~S50の各ステップにおける処理と同様である。したがって、このフローの詳細内容については説明を省略することとする。

【0029】続いて、Z方向の位置データを格納するZ方向のルックアップテーブルを作成するためのフローを図12乃至図14によって説明する。

【0030】U1:三次元視覚センサ4に対して測定板1の移動軸の全軸、言い換えれば上下回転軸(Y軸)、水平回転軸(X軸)および前後移動軸(Z軸)の各軸を測定基準としての原点に移動させる。

【0031】U2~U4:三次元視覚センサ4のCCDカメラにより測定板1の距離画像データを取得し、この取得画像を、メディアンフィルタ(平滑化フィルタ)により補正する。そして、この処理は各位置での画像を3回取得するまで繰り返される。

【0032】U5~U6:各位置で3回の距離画像が取得されると、同一画素の値を比較してそのメディアン値(中央値)を求め、このメディアン値を最終的な距離画像として設定する。この後、この得られた距離画像をコンピュータ5内の記憶装置における距離画像ファイルに書き込む。

【0033】U7~U8:測定板1の前後位置を一定ピッチ(例えば0.1mm)だけ後方にずらせて前述と同様にして距離画像データを取得し、このデータの取得を全距離画像ファイル分(1000回)繰り返してZ軸の距離画像ファイルz 0. kmt ~ z 999. kmtに書き込む。こうして、例えば100mm~200mmの測定範囲におけるZ軸の全ての距離画像データを取得する。

【0034】U9:Z方向のルックアップテーブルを作成するために、まず初期設定を行う。この初期設定においては、ルックアップテーブルのZ座標を示す $i u t - z$ に不定値を設定する。

U10~U11:前述のようにして作成されたZ軸の距離画像ファイルの画素位置z 0. kmtを読み込む。

【0035】U12~U15:図2乃至図6のステップS23~S26と同様にして得られる距離画像データのノイズを排除するための処理を行う。すなわち、まず i, j の各画素(i :256画素、 j :242画素)毎に一つ前の画像データと比較し、その画素が先頭から50mm以内にあり、かつ前後の画素の差が128以上である場合、このデータを無効にするためにその画素の $i u t - z$ の値を不定値にする。

U16~U17:画素値の $i u t - z$ の値が不定値であるとき、その画素の $i u t - z$ に読み込んだファイルを撮り込んだ時の移動距離を設定する。これにより、各画素の最初に現れたコード値の位置が $i u t - z$ に記憶される。

【0036】U18: i :256画素、 j :242画素の全ての画素についてU11~U17の処理を行う。

U19:全ての距離画像ファイルz 0. kmt ~ z 999. kmtについて処理がなされたか否かを確認する。

【0037】U20~U25:各画素の画素のもつ値(Z:0~255)について、指定画素値が最初に見つかった位置をそれら $i = i u t - z [j] [i] [z]$ に設定する。そして、この i が不定値でないときに、この i の値を $i u t - z [j] [i] [z]$ に格納するこ

【0038】U26: i :256画素、 j :242画素の全ての画素についてU20~U25の処理を行う。

U27:全ての距離画像ファイルz 0. kmt ~ z 999. kmtについて処理がなされたか否かを確認する。

【0039】U28:各画素の画素のもつ値(Z:0~255)について、指定画素値が最初に見つかった位置をそれら $i = i u t - z [j] [i] [z]$ に設定する。そして、この i が不定値でないときに、この i の値を $i u t - z [j] [i] [z]$ に格納するこ

【0040】U1:三次元視覚センサ4に対して測定板

とによりその位置の画素値に対するZ座標を算出する。
一方、iが不定値のときには、全ての画素値であるか否かを確認してステップU22へ戻る。

【0038】U26：前述のU22～U25の処理を
i：256画素，j：242画素の全ての画素について
行い、Z方向のルックアップテーブルを完成させてフローを終了する。

【0039】本実施例によれば、無地の板を用いて各画素の明暗情報と三次元座標値との対応表（ルックアップテーブル）が作成されるので、従来の方眼線を画像処理により抽出するものに比べ格段に高精度化を図ることができる。

【0040】本実施例においては、距離画像を処理するに際しメディアン値を用いて補正するものとしたが、このメディアン値の代わりに平均値を用いて補正することもできる。また、1回目の補正をメディアン値により行い、2回目の補正を平均値により行うというように、これらメディアン値による補正と平均値による補正とを組み合わせで行うことも可能である。

【0041】本実施例においては、測定板にコード化パターン光を照射して三次元画像を取得するものを説明したが、本発明は、2台のカメラによって三次元画像を取得するものに対しても適用できるのは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図である。

【図2】図2は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①である。

【図3】図3は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②である。

【図4】図4は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③である。

【図5】図5は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④である。

【図6】図6は、X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤である。

【図7】図7は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑥である。

【図8】図8は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑦である。

【図9】図9は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑧である。

【図10】図10は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑨である。

【図11】図11は、Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑩である。

【図12】図12は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑪である。

【図13】図13は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑫である。

【図14】図14は、Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑬である。

【図15】図15は、X方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

【図16】図16は、X方向の距離画像データの計算方法説明図である。

【図17】図17は、Y方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

【図18】図18は、Z方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図である。

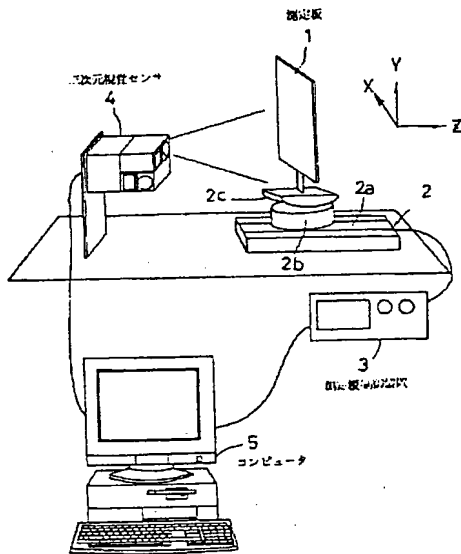
【図19】図19は、従来のキャリブレーション方法説明図である。

【符号の説明】

- 1 測定板
- 2 測定板移動装置
- 2 a 直動スライダ
- 2 b 回転テーブル
- 2 c ゴニオ回転装置
- 3 測定板制御装置
- 4 三次元視覚センサ
- 5 コンピュータ

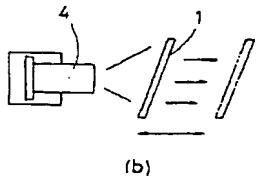
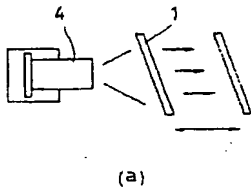
【図1】

本発明の一実施例に係る三次元計測装置のシステム構成図



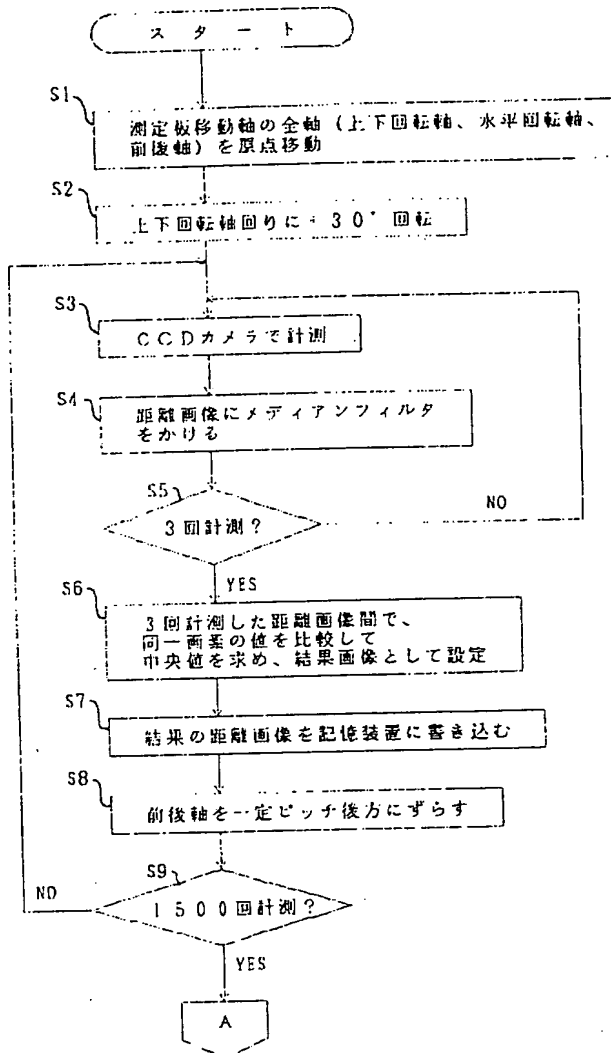
【図15】

X方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



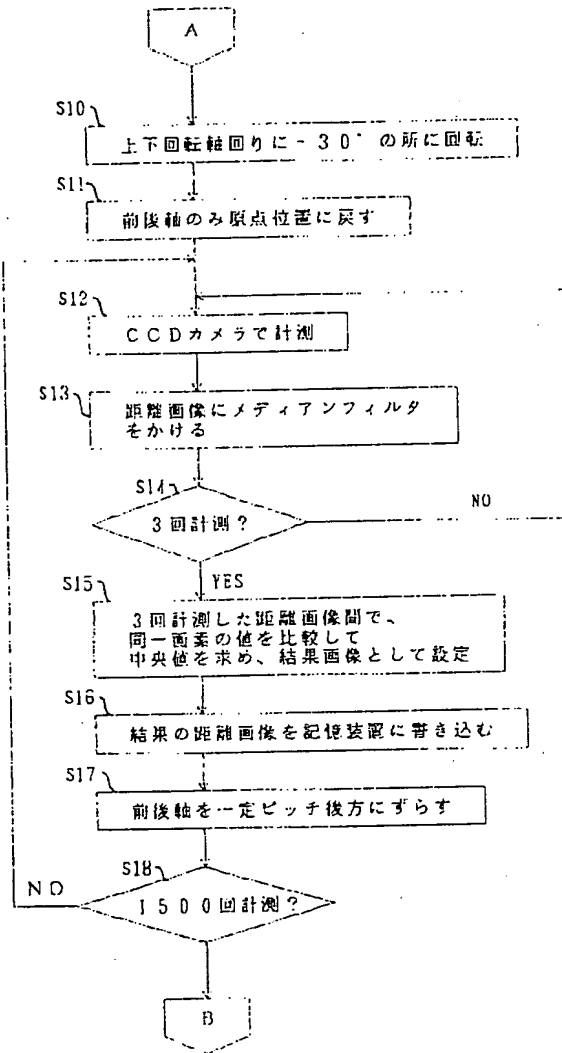
【図2】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



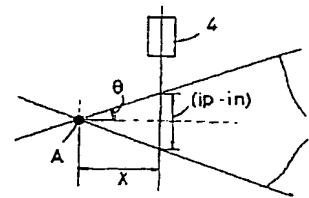
【図3】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



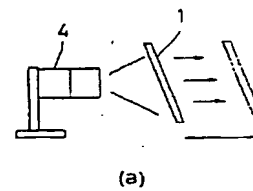
【図16】

X方向の距離画像データの計算方法説明図

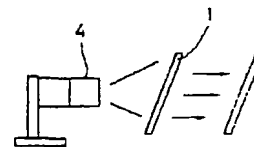


【図17】

Y方向の距離画像取得のための測定装置の移動状態説明図



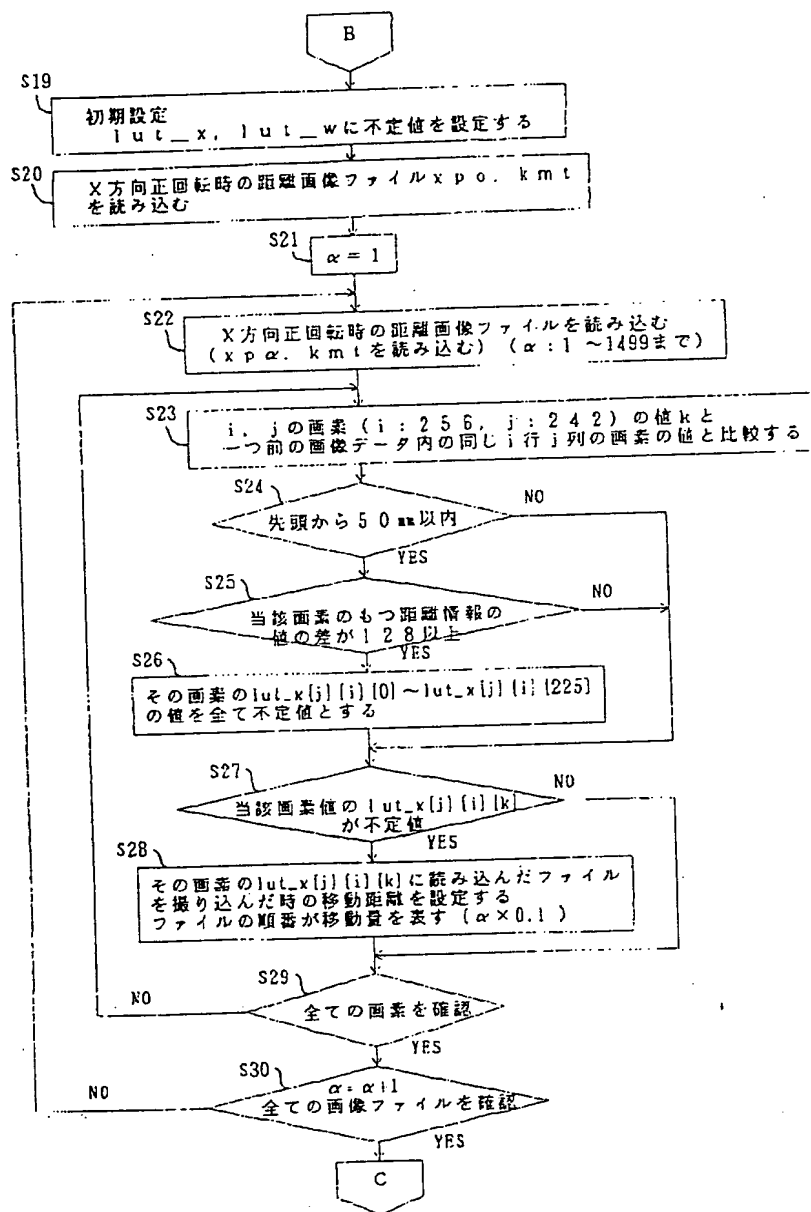
(a)



(b)

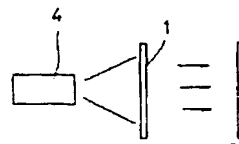
【図4】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



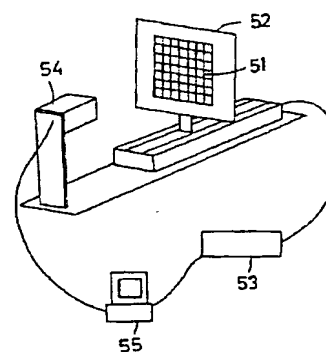
【図18】

Z方向の距離画像取得のための測定板の移動状態説明図



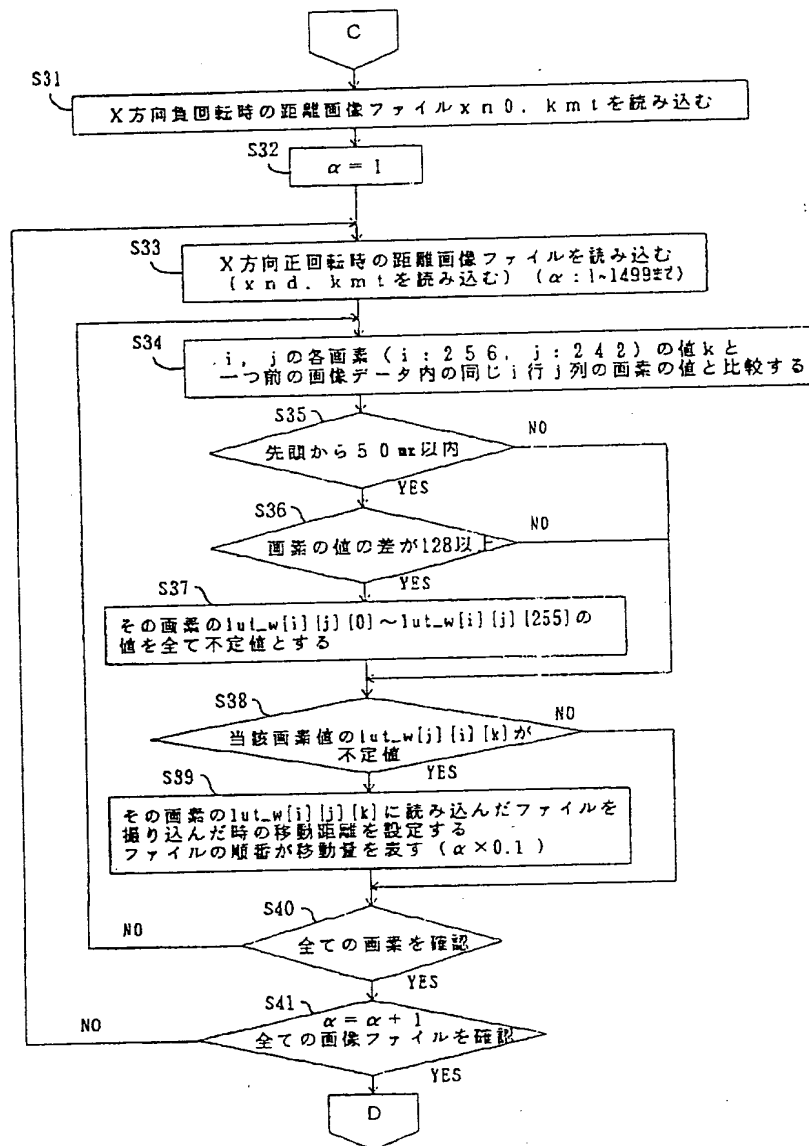
【図19】

従来のキャリブレーション方式説明図



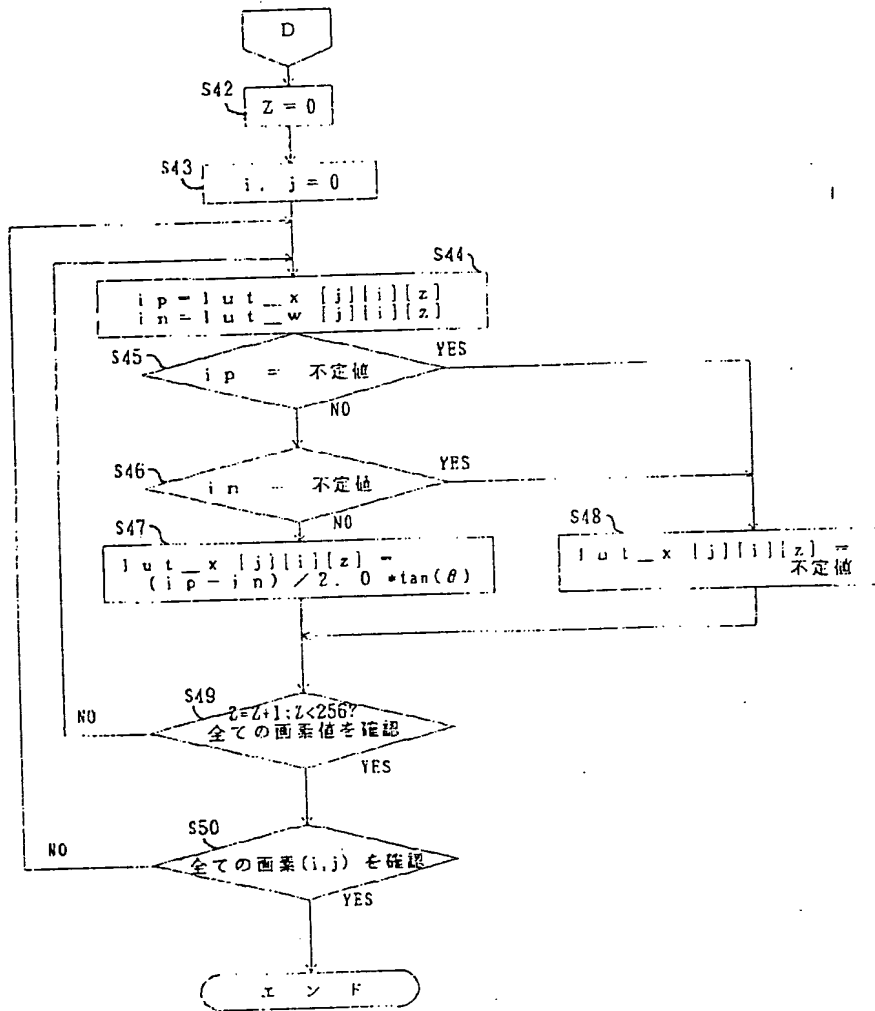
【図5】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



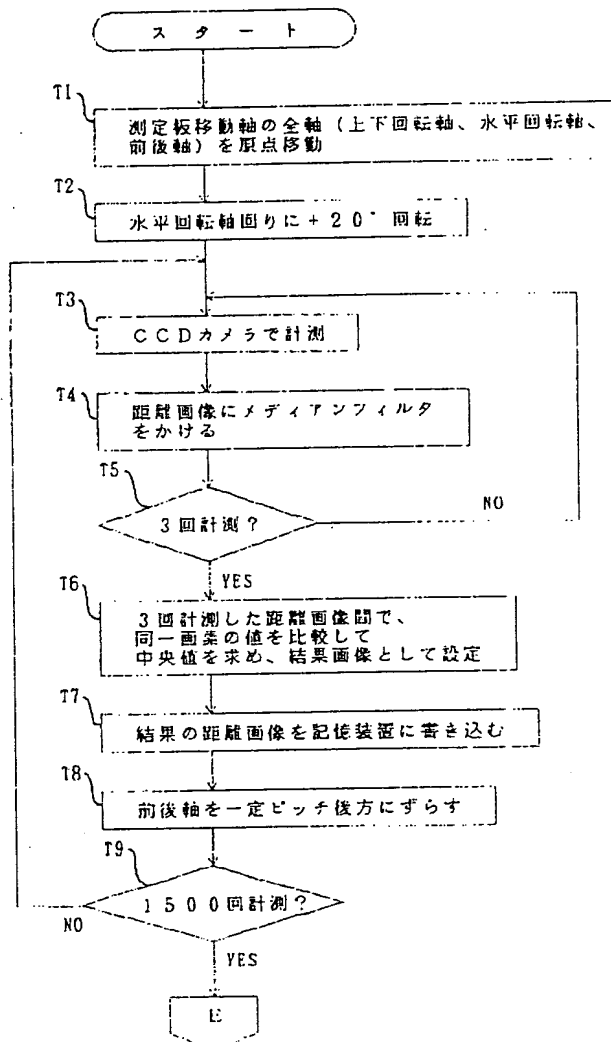
【図6】

X方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



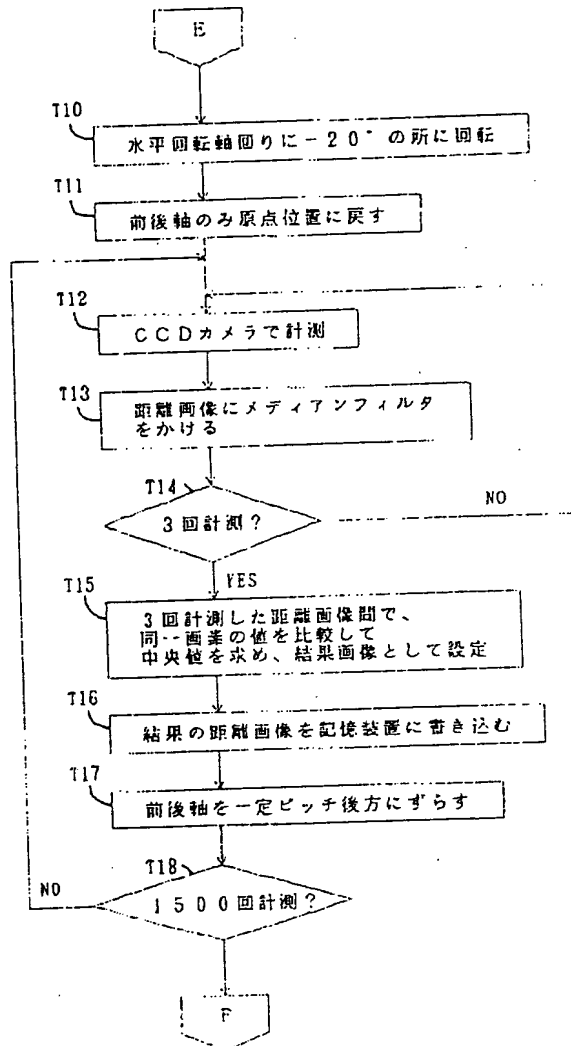
【図7】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



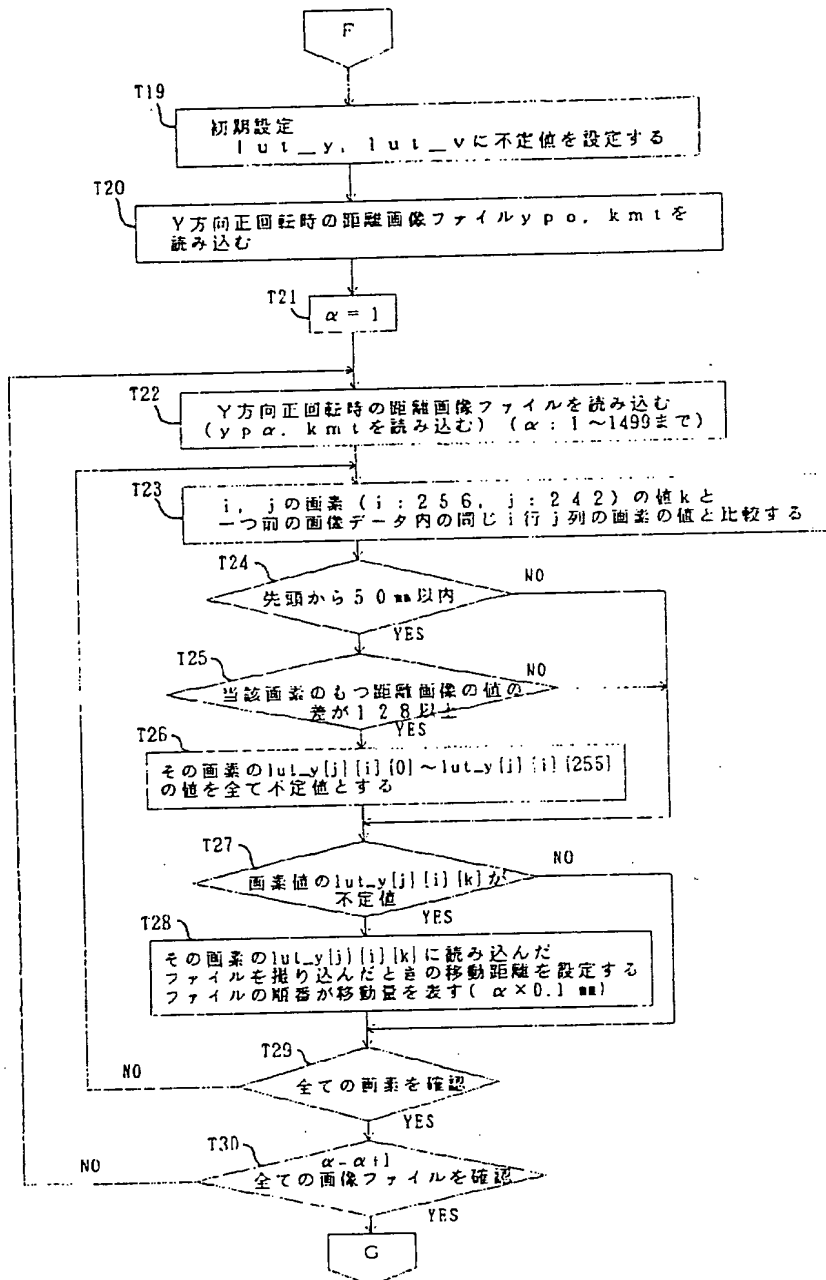
【図8】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



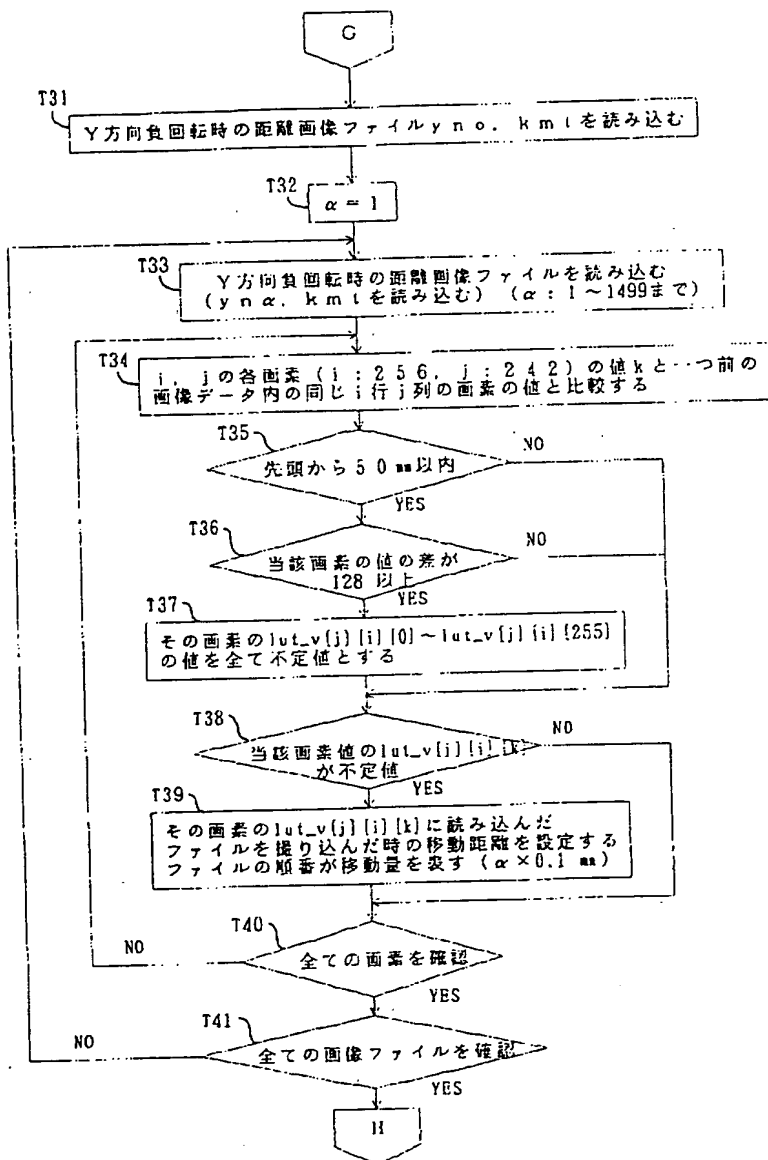
【図9】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑨



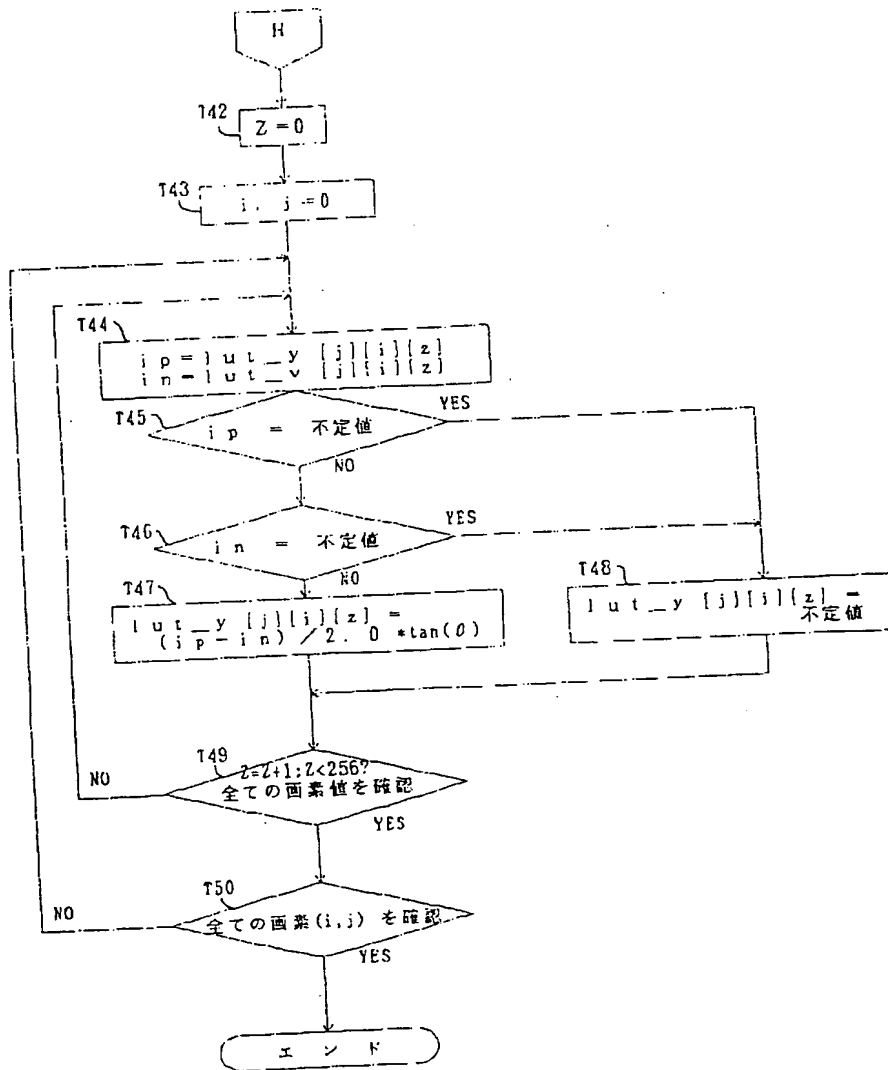
【図10】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート④



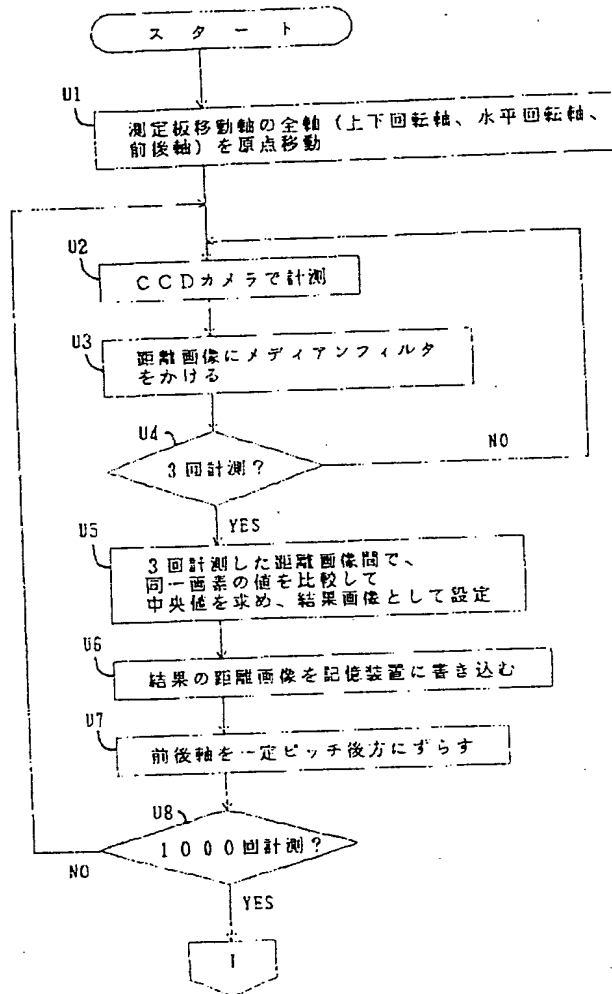
【図11】

Y方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート⑤



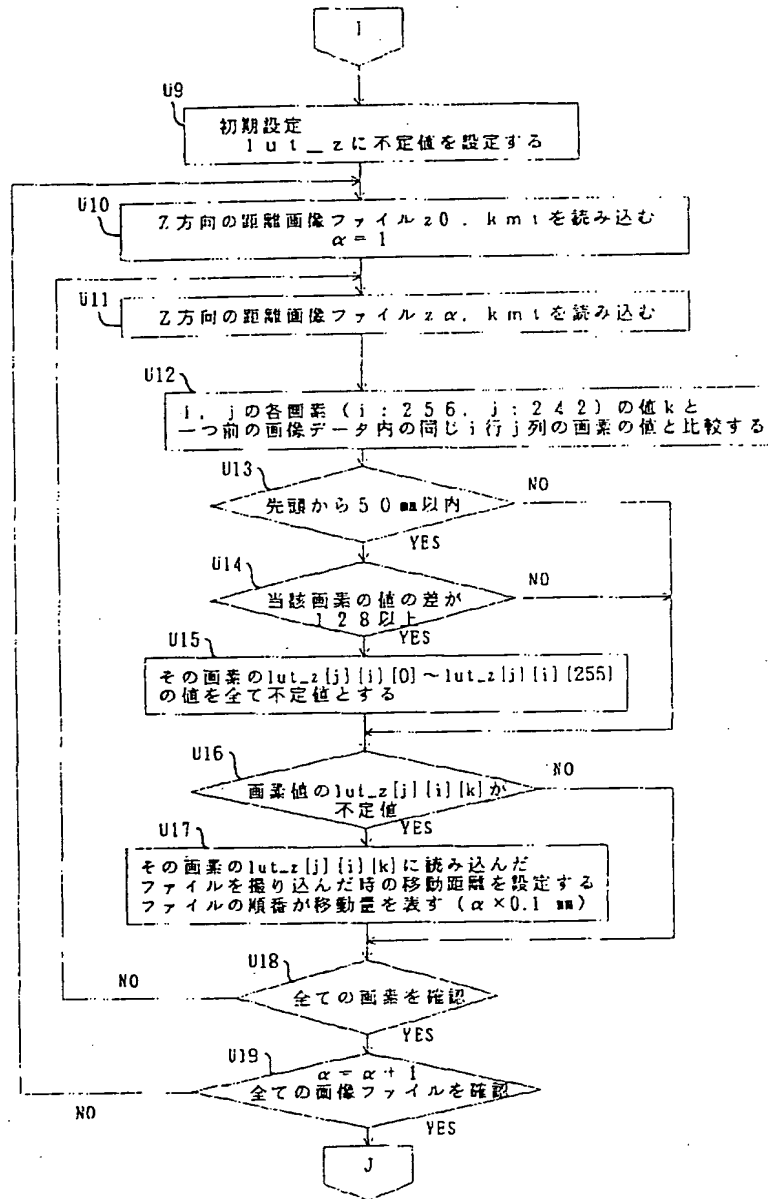
【図12】

Z方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート①



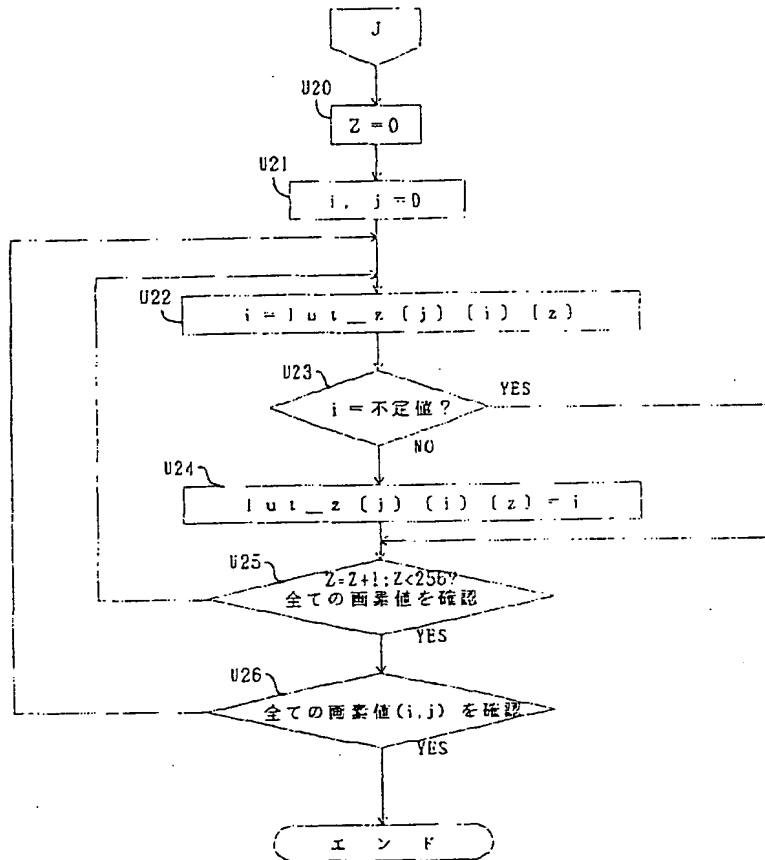
【図 13】

Z 方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート②



【図 14】

Z 方向のルックアップテーブルを作成するためのフローチャート③



フロントページの続き

(72)発明者 廣瀬 尚三
 大阪市住之江区南港東 8-2-12 株式会
 社オービス総研内

(72)発明者 安川 元英
 大阪市住之江区南港東 8-2-12 株式会
 社オービス総研内

(72)発明者 佐藤 宏介
 奈良県生駒市高山町8916-5 大学宿舍 A
 503

(72)発明者 片岡 隆之
 大阪府枚方市上野 3-1-1 株式会社小
 松製作所生産技術研究所内